

# 海岸林より内陸のスペースを活用したハイブリッド構造物の津波周期に対する減勢効果の数値解析的検討

埼玉大学大学院 学生会員 ○君和田 祐弥

埼玉大学大学院教授 理工学研究科(兼)研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

## 1. 研究背景と目的

2011年の東北地方太平洋沖地震による津波は沿岸部の広範な地域において家屋や海岸堤防・海岸林等に甚大な被害をもたらした。この津波被害以降、レベル2津波への対策として多重防御が推進されるようになった。Zaha et al.<sup>1)</sup>は自然構造物(海岸林)と人工構造物(堤防・堀)の組み合わせによるハイブリッド構造物の津波減勢効果を実験的に検討したが、実際の津波周期に近いモデル条件を設定することは困難であった。本稿では、ハイブリッド構造物の津波減勢効果の津波周期による変化を数値解析的に検討した。

## 2. 研究方法

本解析では、既に実験結果<sup>1)</sup>の再現性を検証済みのモデルを使用した(解析モデルの詳細は五十嵐ら<sup>2)</sup>)。入力波条件および解析断面条件以外の解析条件を五十嵐ら<sup>2)</sup>と同様にしている。

図1に解析断面および解析ケースを示す。本解析では津波周期影響を検討するため、各ケースに対してタンク長さ( $L_t$ )を2ケース(2.70mと27.0m)設定し、それぞれのケースで入力波高の異なる3ケース( $H_t = 0.20, 0.40, 0.60\text{m}$ )を与え、ゲートを急開することにより遡上津波を再現するような上流側境界条件を与えた。図2にG2地点における入力波形を示す。タンク長さ( $L_t$ )が2.70mおよび27.0mのとき、数値計算で発生する津波周期を実スケールに換算すると、それぞれ1-2分、15-27分に相当する。ハイブリッド構造では、樹林帯( $5.97+L_t$ )以降に堀や堤防を地盤高で与え表現した。検討項目は堤防を越流した量(越流量)とG3地点における流体力指標の2項目である。

## 3. 結果と考察

図3に $L_t = 2.70\text{m}$ と $27.0\text{m}$ のときの各波高堤防高比(定義は図1)における無次元越流量を示す。この無次元越流量は各ハイブリッド構造の越流量をCase NNNの越流量で除して算出した。値が0に近いほど減少効果が高い。 $L_t = 2.70\text{m}$ のときにはCase V<sub>40</sub>MEが他の2ケースと比べて無次元越流量がやや小さかった。Case V<sub>40</sub>MEでは堤防越流までに樹林帯による反射、堀での貯留、堤防前面での反射が見られ、堤防が最背後にあることや堀での貯留によって他のケースよりもわずかに堤防越流量を減少させた。 $L_t =$

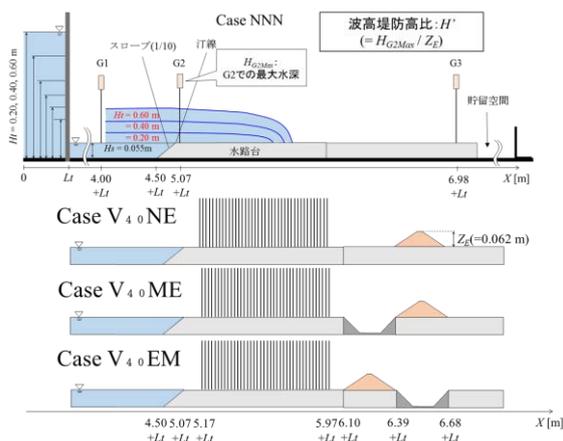


図1 解析断面および解析ケース

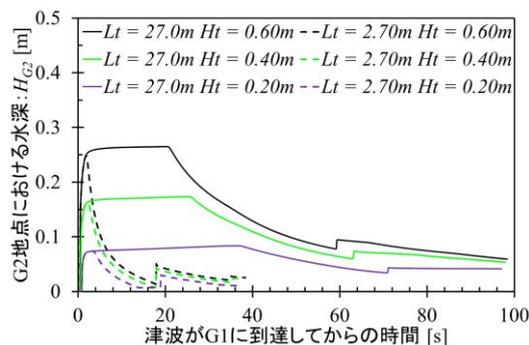


図2  $L_t = 2.70\text{m}$ および $27.0\text{m}$ におけるG2地点での水深の時間変化

キーワード ハイブリッド構造, 津波減勢効果, 津波の周期性, 堤防, 海岸林

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学 E-mail: tanaka01@mail.saitama-u.ac.jp

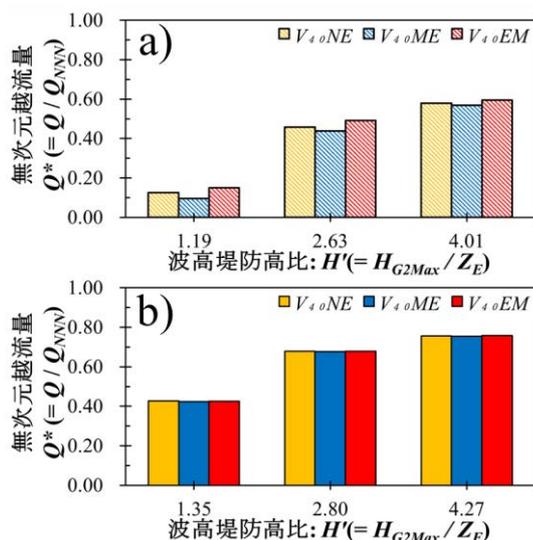


図 3 無次元越流量比較 a) Lt = 2.70m, b) Lt = 27.0m

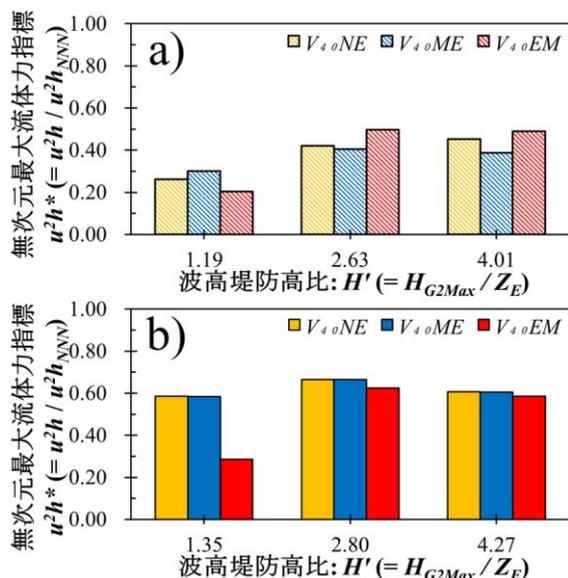


図 4 無次元最大流体力指標比較 a) Lt = 2.70m, b) Lt = 27.0m

27.0m では、図 2 に示す最大浸水深( $H_{G2Max}$ )がやや大きくなるため、横軸の波高堤防高比( $H'$ )も  $Lt = 2.70m$  のときよりもやや増加するが、入力波条件としてそれぞれ同じタンク水深( $H_t$ )を用いている。

$Lt = 27.0m$  においても樹林帯や堤防による海側への反射により、Case NNN よりも越流量を減少させる。しかし、ハイブリッド構造物同士において無次元越流量の差は生じなかった。短周期津波においては Case V<sub>40</sub>ME が、特に堤防越流前の堀での貯留効果により堤防越流量を他のケースよりわずかに減少させた。一方で、津波周期が長くなると、堀の貯留量をはるかに越えた水量が堤防を越流するため、堀の貯

留効果が相対的に非常に小さくなった。

図 4 に  $Lt = 2.70m$  と  $27.0m$  のときの無次元最大流体力指標を示す。越流量同様、流体力指標も Case NNN の流体力指標で除して無次元化した。 $Lt = 2.70m$  のときの傾向として、無次元最大流体力指標が小さい順に Case V<sub>40</sub>ME, Case V<sub>40</sub>NE, Case V<sub>40</sub>EM となった。これは無次元越流量が小さい順と一致する。つまり、短周期津波に対しては、越流量を減少させることが構造物背後の流体力指標を低減することに繋がると示唆された。一方で、 $Lt = 27.0m$  では Case V<sub>40</sub>EM の無次元最大流体力指標が他の 2 ケースよりもやや小さくなった。こちらは無次元越流量に差が生じなかったことから、この差は堤防越流後の堀の効果によるものと考えられる。津波周期が長くなることで、継続的に堤防を越流するため、特に堤防が最背後にあるケースは射流で G3 地点に流入するため流体力指標が大きくなりやすい。しかし、Case V<sub>40</sub>EM のように堤防背後の堀は堤防越流後の射流の勢いを軽減することができる。このことから、海岸林より陸側のスペースを活用したハイブリッド構造物について、長周期津波に対しては堤防越流後の減勢構造物(本研究では堀)の存在が流体力指標の減少に効果があることが示唆された。

#### 4. 結論

本研究により得られた結論は以下のとおりである。

- 1) 短周期津波に対しては、Case V<sub>40</sub>ME が越流量を最も減少させ、かつ、構造物背後における流体力指標の減少効果も最も高かった。
- 2) 津波の周期が長くなると、越流量の減少効果はハイブリッド構造物同士では差が生じなかったが、堤防越流後に減勢工(堀)がある Case V<sub>40</sub>EM が構造物背後での流体力指標をやや低減した。

#### 参考文献

- 1) Zaha T., Tanaka N., Kimiwada Y., 2019. Flume experiments on optimal arrangement of hybrid defense system comprising an embankment, moat, and emergent vegetation to mitigate inundating tsunami current, Ocean Engineering 173, 45-57.
- 2) 五十嵐善哉, 君和田祐弥, 田中規夫: 堤防を越流する定常流および非定常流の解析モデルの改良と精度検証, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.75, No.2, pp.I\_571-I\_576, 2019.